

УДК 621.375.

ЛАЗЕРНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

к.т.н. О.В. Коломійцев
(подав д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко)

Обґрунтовано на основі модернізованого частотно-часового методу (МЧЧМ) вимірювання можливість синтезу високоточної лазерної шестипараметричної системи вимірювання похилої дальності, радіальної і тангенціальної складових швидкості, кутів азимута і місця при одногодинному автосупроводженні літальних апаратів (ЛА) (ракет (Р) і ракет-носіїв космічних апаратів (РНКА), а також літаків, гелікоптерів, космічних апаратів (КА)) та проведенні сеансу зв'язку.

Постановка проблеми. Лазерні вимірювальні системи (ЛВС), що знаходяться в експлуатації, не повною мірою задовольняють усе зростаючим до них вимогам, особливо для початкової ділянки траєкторії польоту ЛА (наприклад, для морського старту РНКА з плавучої платформи). Це порозумівається тим, що ЛВС володіють рядом істотних недоліків, основними з яких є: недостатня кількість вимірюваних параметрів рухів (ВПР); здійснення автосупроводження ЛА, як правило, за програмою. Тому проблема побудови (синтезу) лазерної інформаційно-вимірювальної системи (ЛІВС) високої точності ВПР ЛА, стійкості автосупроводження та сеансу зв'язку є актуальною.

Аналіз останніх публікацій показує, що недоліками відомих ЛВС, які використовують імпульсні сигнали, є труднощі у вимірах радіальної швидкості, в розкритті неоднозначності за похилою дальністю, у створенні значного енергетичного потенціалу при високоточних вимірах, тим більш, для точних вимірів вимагаються найбільш круті фронти імпульсів, а тому широкі смуги пропускання підсилювачів. Для ЛВС, що використовують безперервні сигнали, існують труднощі при вимірах похилої дальності. Для фазових же вимірів існують труднощі створення когерентних опорних частот [1]. Наприклад, недоліками системи „Сажень” [2] є мала точність за дальністю на великій відстані до КА і за кутами, неоперативність супроводження та недостатня кількість ВПР КА.

Проведений аналіз принципів побудови і основних тактико-технічних характеристик (ТТХ) існуючих ЛВС на Україні та країнах ближнього зарубіжжя, а також напрямків підвищення точності ВПР і автосупроводження ЛА їхніми каналами [1, 2] показав, що використання МЧЧМ вимірювання дозволить забезпечити високу точність ВПР і автосупроводження ЛА. При

цьому з'являється можливість синтезу високоточної лазерної шестипараметричної системи з одним випромінювачем. Це дозволить при стійкому автосупроводженні за польотом ЛА та проведенні сеансу зв'язку здійснювати одночасний вимір похилої дальності (R); радіальної швидкості (R'); кутових координат (α , β) і кутових швидкостей (α' , β') у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту польоту.

Формулювання мети статті. Метою статті є представлення результатів розробки пропозицій для побудови лазерної інформаційно-виміральної системи із забезпеченням високих точнісних характеристик ВПР і стійкого кутового автосупроводження ЛА за умов використання МЧЧМ вимірювання та фільтра нижніх частот (ФНЧ) для підвищення стійкості кутового автосупроводження ЛА у каналі автоматичного супроводження за напрямком (АСН) [3, 4, 6].

Виклад основного матеріалу. Суть МЧЧМ вимірювання полягає в тому, що із синхронізованого спектра випромінювання лазера за допомогою селектора подовжніх мод (СПМ) виділяються необхідні частоти для створення рівносигнального напрямку (РСН) завдяки формуванню підсумкової діаграми спрямованості (ДС) у вигляді 4-х парціальних ДС, які частково перетинаються, «підфарбованих» різницевиими частотами міжмодових биттів, що попарно зустрічно скануються в кожній із двох ортогональних площин [3]. Зустрічне сканування пар парціальних ДС у кожній із двох ортогональних площин, забезпечує порівняння зрушень періодів пачок обгинаючих імпульсів частот міжмодових биттів за один повний прохід ДС у прямому і зворотному напрямку сканування. Це дає можливість за різницею зрушень обгинаючих періодів сформувати сигнали помилки по двох осях координат [3 – 7] і визначити кути азимута (α) і місця (β), а також величину і знак кута відхилення ЛА від РСН.

Зустрічне сканування пар парціальних ДС у кожній із двох ортогональних площин забезпечує порівняння зрушень напівперіодів (тривалостей) пачок обгинаючих імпульсів частот міжмодових биттів за один прохід ДС в одному напрямку сканування. Це дає можливість за різницею обгинаючих тривалостей (напівперіодів) визначити кутову і тангенціальну складові швидкості ЛА [4, 6]. Зустрічне сканування пар парціальних ДС у кожній із двох ортогональних площин дозволяє також вимірювати як похилу дальність до ЛА за запізнюванням частоти міжмодових биттів [5], так і його радіальну швидкість – доплерівським методом [7].

Використання МЧЧМ вимірювання дає порівняльну простоту побудови цифрових вимірників каналів шестипараметричної системи, обумовлену багатомодовим спектром лазерного передавача, а також можливість підвищення перешкодозахищеності самої ЛІВС за рахунок варію-

вання частотами міжмодових биттів. Запропонований варіант даної ЛІВС передбачається до використання в широкому діапазоні дальностей (починаючи з моменту старту (Р, РНКА, літаки, гелікоптери), польоту і до 1500 км та й більш (КА)).

Узагальнена функціональна схема ЛІВС, що пропонується, на основі МЧЧМ наведена на рис. 1, де ПРМ-ПРД – приймач-передавач, ПФК – пристрій формування каналів, ПФС – пристрій формування сигналів, ПФСП – пристрій формування сигналів похибки, ВП – виконавчі пристрої (механізми) по кутах азимута і місця та вимірювальні канали похилої дальності (R), радіальної швидкості (R'), кутів азимута (α) і міста (β) та кутових швидкостей (α') і (β').

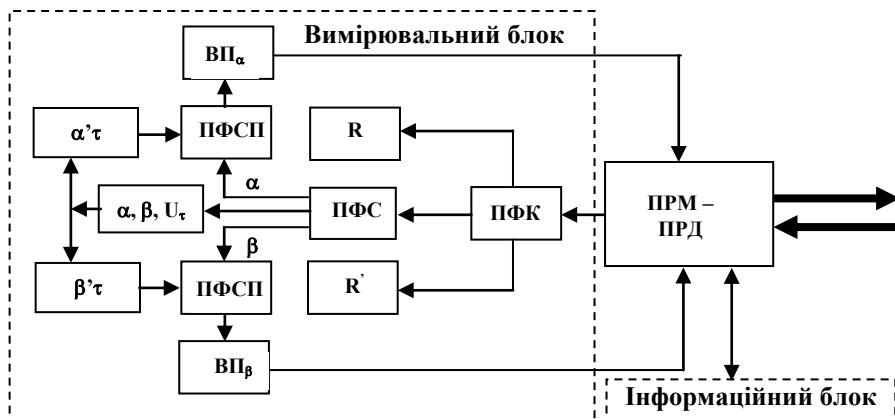


Рис. 1. Узагальнена функціональна схема ЛІВС

Розроблено основи синтезу лазерної інформаційно-вимірювальної системи, що враховують рекомендації з побудови інформаційного та вимірювального блоків (каналів: АСН із виміром кутів азимута і місця, похилої дальності, радіальної і тангенціальної швидкостей ЛА) на основі використання МЧЧМ вимірювання. За отриманими аналітичними виразами для визначення точностних характеристик ЛІВС, що пропонується, були проведені попередні розрахунки. Вони показали:

- 1) оптимальним діапазоном сканування ДС МЧЧМ вимірювання при часі 0,1 с є половина ширини ДС $\Delta\theta_x / 2$;
- 2) довірка ймовірність незриву автосупроводження при часі $T = 60''$ складає $\geq 0,999$, середньоквадратична помилка (СКП) Σ погрешності автосупроводження – на 2 порядки менш, ніж в аналогічних моноімпульсних ЛІВС;
- 3) при реальних значеннях часу сканування 0,1 с, куті розузгоженості лазерного променя 10^{-4} рад, на максимальному видаленні 1500 км і смузі

фільтрації 20 Гц, принципово досяжні СКП ВПР запропонованою системою можуть бути не гірше: $\sigma_0 \leq 10^{-9}$ рад/с; $\sigma_{\theta_{X,Y}} \approx 2 \cdot 10^{-8}$ рад; $\sigma_{U_t} = 0,06$ м/с.

Висновки. Таким чином, запропонована лазерна інформаційно-вимірювальна система, яка за умовами використання МЧМ вимірювання, дозволяє здійснювати ВПР ЛА з більш високою точністю, як мінімум – на порядок, при одночасному стійкому кутовому автосупроводженні та проведенні сеансу зв'язку, у порівнянні з ЛВС такого ж класу. Основою реалізації високих точнісних характеристик ВПР ЛА і стійкого автосупроводження та зв'язку з ними, є використання модернізованого ЧММ вимірювання і вузькосмугової фільтрації [6] та задоволення твердих вимог до випромінювання багаточастотного лазера – це високоточна синхронізація подовжніх мод і стабілізація частот міжмодових биттів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Полігонні лазерні та оптико-електронні вимірювальні засоби. Конспект лекцій. Ч. II / С.В. Тюрін, І.С. Шорстко та інші. – Х.: ХВУ, 1998. – 174 с.
2. Лазерная космическая связь: Пер. с англ. / Под ред. М. Кацмана. – М.: Радио и связь. – 1993. – 240 с.
3. Алешин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Принципы построения лазерного канала углового автосопровождения объекта по направлению с частотно-временным методом измерений // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 2 (6). – С. 104 – 107.
4. Коломийцев А.В. Измерение тангенциальной составляющей скорости движения объекта // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 1 (5). – С. 162 – 166.
5. Алешин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Построение лазерного канала измерения дальности до объекта // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 2 (8). – С. 61 – 63.
6. Альошин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев О.В. Принцип підвищення стійкості кутового автосупроводження літальних апаратів у лазерних вимірювальних системах // Зб. наук. праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 7 (37). – С. 79 – 81.
7. Алешин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Принцип повышения точности измерения радиальной составляющей скорости движения летательного аппарата лазерной шестипараметрической системой // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 3 (19). – С. 28 – 30.

Надійшла 17.08.2004

КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович, кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії ХУ ПС. В 1993 році закінчив Харківське ВВКІУ РВ. Область наукових інтересів – основи лазерної системології.